

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

LIGHT EMITTING ELEMENT OF GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR

Patent Number: JP6291368
Publication date: 1994-10-18
Inventor(s): YAMADA MOTOKAZU; others: 02
Applicant(s): NICHIA CHEM IND LTD
Requested Patent: ☐ JP6291368
Application Number: JP19930100215 19930403
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L33/00; H01S3/18
EC Classification:
Equivalents: JP2836687B2

Abstract

PURPOSE: To prevent interference of light caused by multipath reflection in the semiconductor, and to improve external quantum efficiency by forming the uppermost layer of the gallium nitride compound semiconductor having a non-mirror surface.
CONSTITUTION: A sapphire off substrate 1 that is shifted by 1 deg. from a C surface is prepared, on which an n-type GaN layer 2 and p-type GaN layer 3 are grown. On the p-type GaN layer 3 grown in such a way, many microscopic unevenness are formed. After forming a predetermined pattern of the p-type GaN layer 3, ohmic electrodes are formed on the p-type GaN layer 3 and the n-type GaN layer 2. By forming a non-mirror surface of the uppermost layer of the gallium nitride compound semiconductor, interference of light inside the semiconductor caused by multipath reflection is limited. Therefore, the light emission of the gallium nitride group compound semiconductor is taken out effectively and the external quantum efficiency of the light emitting element is improved.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開 号

特開平6-291368

(43)公開日 平成6年(1994)10月18日

(51)Int.Cl.⁴

H 0 1 L 33/00

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7376-4M

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平5-100215

(22)出願日 平成5年(1993)4月3日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 山田 元量

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 田中 政信

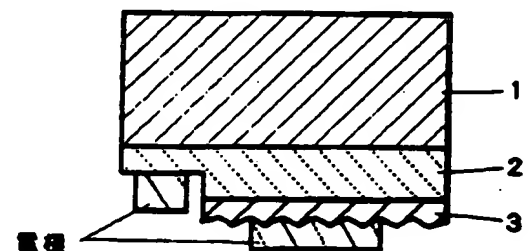
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 窒化ガリウム系化合物半導体内部の光の多重反射により起こる干渉を抑えることにより、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の外部量子効率を向上させる。

【構成】 サファイアのC面からのオフ基板に窒化ガリウム系化合物半導体を成長させるか、あるいは最上層の窒化ガリウム系化合物半導体をエッチング、または研磨することにより窒化ガリウム系化合物半導体の最上層の表面が非鏡面とされている窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。



R009794

【特許請求の範囲】

【請求項1】 サファイア基板上に窒化ガリウム系化合物半導体が積層されてなる発光素子において、前記窒化ガリウム系化合物半導体の最上層の表面が非鏡面とされていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 サファイア基板上に窒化ガリウム系化合物半導体が積層されてなる発光素子の最上層の窒化ガリウム系化合物半導体表面を非鏡面とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法であって、前記窒化ガリウム系化合物半導体を前記サファイア基板のC面(0001)からのオフ基板の上に成長することにより非鏡面とするか、あるいは前記最上層の窒化ガリウム系化合物半導体をエッチング、または研磨することにより非鏡面とすることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はサファイア基板上に一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$) で表される窒化ガリウム系化合物半導体が積層されてなる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 GaN、GaAlN、InGa_{0.5}N、InAlGa_{0.5}N等の窒化ガリウム系化合物半導体は直接遷移を有し、バンドギャップが1.95eV～6eVまで変化し、その発光色は紫外から赤色にまで及ぶため、発光ダイオード、レーザダイオード等、発光素子の材料として有望視されている。その窒化ガリウム系化合物半導体よりなる発光素子は、一般にMOCVD、MBE法等の気相成長法を用いてサファイア基板上にn型及びp型、あるいはn型及びi型に成長して積層し、それぞれの層から電極を取り出した後、チップ状としてリードフレームに固定し、最後にエポキシ等の樹脂で封止することによって得られる。

【発明の課題】 しかしながら、その窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、前記のようにサファイア基板の上に窒化ガリウム系化合物半導体という全く異なる材料を積層するいわゆるヘテロエピタキシャル構造であるため、従来のGaAs、GaP等、同一材料の上に積層される発光素子に比して、基板とエピタキシャル膜との屈折率の違いにより外部量子効率が悪くなるという欠点を有している。具体的にはサファイア基板と窒化ガリウム系化合物半導体との屈折率の違い、および窒化ガリウム系化合物半導体素子とそれを封止する樹脂との屈折率の違いにより、窒化ガリウム系化合物半導体の発光がそれらの界面で多重反射されて干渉し、反射光は窒化ガリウム系化合物半導体内部で吸収されてしまい、発光を効率よく外部に取り出せないという問題がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 窒化ガリウム系化合物半導体と基板、および封止樹脂との多重反射を抑制し、干渉を少なくすることができれば、外部量子効率を向上させて、発光効率を向上させることができる。従って、本発明はこのような事情を鑑み成されたものであり、その目的とするところは、窒化ガリウム系化合物半導体内部の光の多重反射により起こる干渉を抑えることにより、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の外部量子効率を向上させることにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 我々は窒化ガリウム系化合物半導体内部の多重反射を抑制し、外部量子効率を上げるための数々の実験を行ったところ、内部で反射する光を最上層の窒化ガリウム系化合物半導体の界面で乱反射させることにより、上記問題が解決できることを新たに見いだした。即ち、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、サファイア基板上に窒化ガリウム系化合物半導体が積層されてなる発光素子において、前記窒化ガリウム系化合物半導体の最上層の表面が非鏡面とされていることを特徴とする。また、その窒化ガリウム系化合物半導体の最上層を非鏡面とする本発明の方法は、窒化ガリウム系化合物半導体をサファイア基板のC面(0001)からのオフ基板の上に成長することにより非鏡面とするか、あるいは前記最上層の窒化ガリウム系化合物半導体をエッチング、または研磨することにより非鏡面とすることを特徴とする。

【0006】 本発明の一実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の模式断面図を図1に示す。この発光素子はサファイア基板1の上に、n型GaN層2と、p型あるいは高抵抗性i型GaN層3（以下p型GaN層という）とを順に積層してなり、p型GaN層の一部をエッチングしてn型GaN層を露出させ、n型GaN層およびp型GaN層に電極を形成している。さらに電極を形成する最上層のp型GaN層表面を非鏡面としている。この構造の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において発光観測面はサファイア基板1側である。

【0007】 また図2に本発明の他の実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体素子の模式断面図を示す。これも構造的には図1と同様であって、同じく電極を形成する最上層のp型GaN層3を非鏡面としているが、この発光素子は発光観測面がp型GaN層3側となっている。

【0008】 これらの図に示すように窒化ガリウム系化合物半導体の最上層を非鏡面、即ち微細な凹凸が形成された状態とするには、第一に成長中より最上層を非鏡面とする方法と、第二に成長後最上層を化学的または物理的方法によって非鏡面とする方法とがある。第一の方法は、窒化ガリウム系化合物半導体をサファイア基板のC面(0001)からのオフ基板上に積層する方法であ

3

る。窒化ガリウム系化合物半導体は通常サファイア基板のC面に成長されて積層されることが多く、C面上に成長することにより最上層を鏡面とする窒化ガリウム系化合物半導体を得ている。しかし本発明の方法では、C面からのオフ基板、つまりC面から角度を数度ずらしたサファイア基板上に、窒化ガリウム系化合物半導体をn型、およびp型あるいはi型にステップ成長させて積層することにより、最上層の窒化ガリウム系化合物半導体を非鏡面とすることができる。オフ基板の角度（ずらした角度）はサファイアのC面に対し、0、2°以上、15°以下が好ましい。0、2°より小さいと非鏡面となりにくく、また15°よりも大きいと窒化ガリウム系化合物半導体の結晶性が悪くなり発光素子の出力が低下する傾向にある。

【0009】一方、第二の方法は、鏡面を有する最上層の窒化ガリウム系化合物半導体表面をエッチングするか、または研磨することにより、微細な凹凸を設けて非鏡面とする方法である。エッチングには例えばリン酸+硫酸の混液を用いるウエットエッチングと、RIE（反応性イオンエッチング）等の装置を用いるドライエッチングとの二種類の方法があるがいずれの方法でもよい。研磨は適当な研磨剤を選択することにより、モース硬度がほぼ9と非常に硬い窒化ガリウム系化合物半導体でも研磨してその表面を非鏡面とすることができる。以上、第一の方法と第二の方法とでは、好ましくは第一の方法で非鏡面とする方がよい。なぜなら、第二の方法は物理的または化学的に強制的に結晶に傷をつける方法であるのに対し、第一の方法は成長中より自然に最上層を非鏡面とできるため、結晶を傷めることがない。従って発光素子とした場合においても、第二の方法では発光強度が低下する恐れがあるが、第一の方法では全くその心配がない。また第一の方法では窒化ガリウム系化合物半導体を最初からオフ基板の上に成長しているため、第二の方法のように余分な工程を省略でき、生産性に優れている。

【0010】

図3および図4は、発光状態における従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子と、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子との光路を比較して示す概略図である。これらの図に付された符号は図1および図2の符号と同一物質を指している。なおこの構造の発光素子において、発光層はp型Ga_{0.99}N_{0.01}層3にあたる。ここで、サファイアの屈折率がおよそ1.6、窒化ガリウム系化合物半導体の屈折率がおよそ2である場合、図3に示すように従来の発光素子は、サファイア基板1、窒化ガリウム系化合物半導体2、3それぞれの材料において屈折率が異なるため、p型Ga_{0.99}N_{0.01}層3の発光の一部がp型Ga_{0.99}N_{0.01}層4と外界（発光ダイオードの場合、エポキシ樹脂が用いられることが多い。）との界面で反射され、さらに反射光はサファイア基板1とn型G

4

a_{0.99}N_{0.01}層2との界面で反射されることにより多重反射となり、次第に窒化ガリウム系化合物半導体層2、3中に吸収されて減衰する。n型Ga_{0.99}N_{0.01}層2、p型Ga_{0.99}N_{0.01}層3に関しては同一材料であり、それらの屈折率はほとんど同一と見なしでもよい。互いの半導体層界面での多重反射は零（0）と見なしでよい。一方、図4の本発明のように、最上層であるp型Ga_{0.99}N_{0.01}層3を非鏡面とした場合、サファイア基板1とn型Ga_{0.99}N_{0.01}層2との界面で反射した光は、非鏡面なp型Ga_{0.99}N_{0.01}層で散乱するため、窒化ガリウム系化合物半導体内部での多重反射を抑制し、光の干渉を少なくすることができる。

【0011】

【実施例1】C面から1°ずらしたサファイアのオフ基板を用意し、その上にMOCVD法を用いて、Ga_{0.99}N_{0.01}バッファ層と、Siドープn型Ga_{0.99}N_{0.01}層と、Mgドープp型Ga_{0.99}N_{0.01}層とを順に成長させる。このようにして成長したp型Ga_{0.99}N_{0.01}層の表面には微細な凹凸が無数に形成されていた。次にこのp型Ga_{0.99}N_{0.01}層にフォトリソグラフィ技術により所定のパターンを形成して、p型Ga_{0.99}N_{0.01}層の一部をエッチングし、電極を形成させるだけのn型Ga_{0.99}N_{0.01}層を露出させた後、p型Ga_{0.99}N_{0.01}層、およびn型Ga_{0.99}N_{0.01}層にオーミック電極を付ける。両電極に通電して、この窒化ガリウム系化合物半導体の発光スペクトルを測定したところ、図5（a）に示すようなスペクトルであり、400nmにピークを有していた。

【0012】一方、比較のためサファイア基板のC面上に同様にして成長した従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を同様にして作製し、そのスペクトルを測定したところ、同じく400nmにピークを有していたが、図5（b）の破線に示すようなスペクトルであった。

【0013】図5（a）と（b）を比較すると、（b）の方は400nmのピーク以外にも410nm付近と、430nm付近と、460nm付近に多重反射による弱いピークが見られる。一方、本発明の発光素子のスペクトルである（a）の方では、それらのピークが見られず、ブロードな曲線となっており、多重反射が緩和されていることがわかる。しかも発光強度は（a）の方が10%以上向上している。

【0014】【実施例2】C面から10°ずらしたサファイアのオフ基板を使用する他は、実施例1と同様にして、発光素子としたところ実施例1と同一スペクトル、ほぼ同一強度の発光が観測された。

【0015】【実施例3】サファイア基板のC面上に成長させる他は実施例1と同様にして、Ga_{0.99}N_{0.01}バッファ層、Siドープn型Ga_{0.99}N_{0.01}層、およびMgドープp型Ga_{0.99}N_{0.01}層を積層した。さらに前記窒化ガリウム系化合物半導体を積層したウエハーをリン酸と硫酸の混液に浸漬し、p型Ga_{0.99}N_{0.01}層表面を非鏡面とする他は実施例1と同様にして電極を設け、発光スペクトルを測定したところ

5

ろ、実施例1と同一のブロードな曲線が得られ、強度は実施例1に比して約10%低下していた。

【0016】【実施例4】実施例2と同様にサファイアのC面上にGa_{0.5}N_{0.5}バッファ層、n型Ga_{0.5}N_{0.5}層、p型Ga_{0.5}N_{0.5}層を成長させたウェハのp型Ga_{0.5}N_{0.5}層をRIEでエッチングし、その表面を非鏡面とする他は、実施例1と同様に発光素子の発光スペクトルを測定したところ、実施例1と同一のブロードな曲線が得られ、強度は実施例1に比して約5%低下していた。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体素子はその最上層の窒化ガリウム系化合物半導体表面を非鏡面としていることにより、窒化ガリウム系化合物半導体層内の多重反射による光の干渉を抑えることができる。従って、窒化ガリウム系化合物半導体の発光を有効に外部に取り出すことができ、発光素子の外部量子効率向上する。また、発光スペクトルに、目的とする発光ピーク以外の干渉によるピークが出現してこないため、窒化ガリウム系化合物半導体を用い

6

て青色発光ダイオードを作製した場合にその色純度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す模式断面図。

【図2】 本発明の他の実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体素子の構造を示す模式断面図。

【図3】 従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の光路を示す模式断面図。

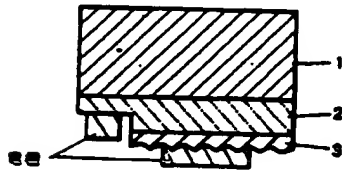
10 【図4】 本発明の一実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の光路を示す模式断面図。

【図5】 本発明の一実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子と従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の発光スペクトルを比較して示す図。

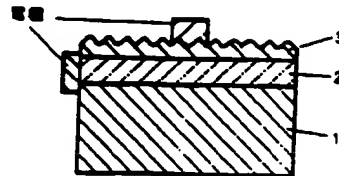
【符号の説明】

1 サファイア基板 2 n型Ga_{0.5}N_{0.5}層
3 p型Ga_{0.5}N_{0.5}層

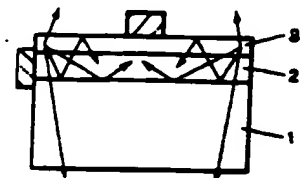
【図1】



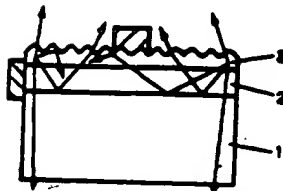
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

